AGROCIENCIA serie PROTECCION VEGETAL VOL. 3, NUM. 3 SEPTIEMBRE-DICIEMBRE 1992.

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS COMUNIDADES DE COLEMBOLOS EDAFICOS DE BOSQUE DE *Abies religiosa* Y CULTIVO DE HABA (*Vicia faba*)

Andrés MIRANDA RANGEL[1] y José G. PALACIOS-VARGAS[2]

RESUMEN

Se comparan las comunidades de colémbolos de la hojarasca y el suelo mineral de una parcela de cultivo de haba, con otras comunidades de biotopos semejantes de un bosque de *Abies religiosa*, al oriente del Municipio de Texcoco, Edo. de México. Se aprecia la influencia del establecimiento de la parcela de cultivo en el bosque, sobre dichas comunidades, ya que en el cultivo son menos diversas y más semejantes entre estratos, que las del bosque. El biotopo más diverso es el de la hojarasca del bosque y el que presenta menor diversidad es la hojarasca del cultivo. Los suelos minerales de ambas zonas fueron los biotopos que preservaron colémbolos en la época de sequía y durante el período de estudio fueron más abundantes en el suelo del cultivo que en el suelo del bosque.

Palabras clave: Collembola, comunidades, cultivos, hemiedáfico, euedáfico.

ABSTRACT

Communities of Collembola from dead leaves and soil of broad bean culture (*Vicia faba*) are compared with those of an *Abies religiosa* forest, in West of Municipality of Texcoco, State of México. Influence of establishment of broad bean culture in the forest is appreciated on the communities of Collembola on account that in culture, they are less diverse than in litter. Mineral soils in both zones were the biotopes which preserved Collembola during the dry period and during the present study time they were more abundant in the culture soil, than in forest soil.

Key words: Collembola, community, culture, hemiedaphic, euedaphic.

[1] Laboratorio de Micro y Mesofauna del Suelo. Universidad Autónoma Chapingo. 56230 Chapingo, Edo. de Méx. MEXICO.
[2] Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos del Suelo. Fac. Ciencias, UNAM. 04510 México, D.F. MEXICO.
Recibido para su publicación: 26 de noviembre de 1992.
Aceptado para su publicación: 2 de marzo de 1993.

INTRODUCCION

Los invertebrados del suelo contribuyen a estimular la actividad de los microorganismos (hongos y bacterias) en una forma indirecta, lo cual acelera los procesos de humificación y mineralización de la materia orgánica (Butcher *et al.* 1971). La carencia de animales en un suelo determinado puede reducir la velocidad de descomposición de dicha materia orgánica y permite una mayor pérdida de nutrimentos por lixiviación, ya que estos organismos pueden actuar como almacén de los nutrimentos (Odum, 1972; Cancela Da Fonseca, 1980).

Como parte de la edafofauna se encuentran los artrópodos, de los cuales los más abundantes son los ácaros y colémbolos, que llegan a constituir hasta el 98% de la artropododofauna de un suelo dado. Para éstos sus principales limitantes son escasa humedad y temperaturas extremas (Palacios-Vargas, 1983). Además de ser importantes por su abundancia, los colémbolos lo son por el papel que juegan en la descomposición de la materia orgánica y flujo de energía dentro del sistema suelo (Blackith, 1974).

En el presente trabajo se analiza el impacto del establecimiento de una parcela de cultivo de haba (*Vicia faba*), en un bosque de *A. religiosa*, sobre la comunidad de colémbolos edáficos. Para ello se compararon las poblaciones de colémbolos de hojarasca y suelo de las diferentes zonas estudiadas en un ciclo anual, basándose en la descripción de las comunidades, muestreo mensual de las mismas y las relaciones que pueden establecer las diversas especies con sus biotopos.

ZONA DE TRABAJO

En la franja de la República Mexicana comprendida entre los 18° y 22° de latitud Norte, se levanta un sistema montañoso discontinuo denominado Eje Volcánico Transversal. Como parte de dicha cordillera se encuentra la Sierra de Quetzaltepec, al este del Municipio de Texcoco, Estado de México. Dentro de la sierra mencionada se localizan los puntos particulares de estudio entre los 98° 45' y 98° 50' long. W y los 19° 25' y 19° 30' lat. N.

Las zonas de colecta (cultivo de habas y bosque de *A. religiosa*), se encuentran a 2, 810 msnm, y 2,840 msnm, respectivamente. Por lo tanto, se observa una diferencia de altitudes, entre la parcela y el bosque, de 30 m, y las separa una distancia de 1.3 km. La parcela de cultivo tiene una pendiente de 3.0% (-), con una orientación del lado sur de 64° SE, en tanto que la porción de bosque muestreada tiene una pendiente de 21% (+) y la orientación del lado sur de 76° SE.

En ambas zonas de estudio se encuentran derrames y deposiciones volcánicas andesíticas y basálticas, además de ignimbritas, con fallas y fracturas (Ortiz-Solorio y Cuanalo, 1977). Cerca a la parcela de cultivo (20 m) hay una pequeña corriente permanente.

De acuerdo con el sistema de clasificación de climas de Köppen, modificado por García (1973), la zona de trabajo presenta el siguiente clima:

C (w 1) (w) b (i')

que es un clima templado subhúmedo, con una precipitación media anual entre 800 y 900 mm, régimen de lluvias en verano, temperatura media anual entre 12° y 18°C y una oscilación de temperatura entre 5° y 7°C.

Las zonas de colecta se encuentran en lomeríos de pendiente variable, las cuales presentan suelos profundos, de textura media y con una capacidad de retención de humedad de moderada a alta (Ortiz-Solorio y Cuanalo, *op. cit.*). Son áreas boscosas, aunque en algunas partes hay zacatonales, que no presentan problemas de erosión, ya que los suelos tienen una protección adecuada (excepto si son desmontados).

Se tomaron muestras de suelo de las zonas de estudio, en diciembre de 1987 y mayo de 1988, para efectuar análisis fisicoquímicos (ver Cuadros 1 a 4). Como resultado de estos análisis se observa que el bosque de *A. religiosa* presenta un suelo muy rico en materia orgánica, ya que en diciembre de 1987 su valor promedio fue de 6.4% y en mayo de 1988 fue de 9%; aunado a esto, la textura franca que presentan les permite retener humedad suficiente para mantener las poblaciones de colémbolos aun en la época de sequía. También presenta una mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC), mayor contenido de nitrógeno que el suelo del cultivo y un pH ligeramente ácido (6.5), hechos que en conjunto son condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos, particularmente hongos, de los cuales pueden alimentarse los colémbolos.

Por otra parte, en el suelo del cultivo la materia orgánica va de $\bar{x} = 3.2\%$ en diciembre de 1987, a $\bar{x} = 3.6\%$ en mayo de 1988. Aquí el contenido de materia orgánica es menor que en el bosque, pero aún se considera alto (Ortiz y Ortiz, 1980). Aunado a lo anterior, en diciembre de 1987 este suelo presentó más fósforo y arcilla que el bosque, donde la mayor concentración de fósforo puede ser producto de la fertilización que se practica. La CIC y el nitrógeno son menores aquí que en el bosque y la textura es semejante en ambos (franco), (Cuadros 1 y 2), aunque en un muestreo efectuado en mayo de 1988 dos muestras se determinaron como franco arenosas (Cuadros 3 y 4), debido a su mayor porcentaje de arena y menor de arcilla. La presencia de más arena y menor contenido de materia orgánica puede posibilitar una menor retención de agua en la temporada de sequía. El pH aquí también es ligeramente ácido (6.5).

Bosque de *A. religiosa*

Esta vegetación se caracteriza por encontrarse entre los 2,800 y 3,400 msnm. Puede haber alternancia con *Pinus hartwegii* entre los 3,500 y 3,650 msnm (Ortiz-Solorio y Cuanalo, *op. cit.*).

La principal especie arbórea es *Abies religiosa*. Los arbustos más comunes son *Ribes cilliatum, Berberis moranensis, Fuchsia* sp. y *Senecio salignus*. En cuanto al estrato herbáceo, está representado principalmente por *Euphorbia furcillata, Acaena elongata, Penstemum gentianoides, Geranium* sp., *Muhlenbergia* sp. y *Senecio sanguisorbae*.

Cultivo de haba

En la parcela de cultivo de la zona de estudio, el haba se sembró en mayo y se cosechó en los primeros días de noviembre. Dicha parcela tiene un tiempo aproximado de apertura de 20 años. En esta zona se utilizan fertilizantes como nitrato de amonio y superfosfato, en una proporción de 100 kg/ha. El cultivo de haba es de temporal; además la producción es de autoconsumo y para el mercado local.

El estrato herbáceo de la parcela está compuesto por las siguientes especies: *Gnaphalium* sp., *Alchemilla procumbens, Vulpia miurus, Veronica persica, Lopezia racemosa, Eruca sativa* y *Bidens senulata*.

MATERIALES Y METODOS

Las colectas para el presente estudio se iniciaron el 22 de junio de 1987 y se concluyeron el 10 de junio de 1988. Se efectuaron mensualmente, excepto en febrero de 1988, entre las 11:30 y 13:30 h.

Una vez elegidas las zonas particulares de muestreo, se marcaron cuadrantes; éstos fueron de 100 m^2 (10 x 10 m). Posteriormente por números aleatorios fueron seleccionados los puntos específicos de colecta en cada cuadrante. Se seleccionaron cinco puntos en cada zona y se tomaron cinco muestras por cada biotopo: cinco de hojarasca y cinco de suelo, de donde se obtenían un total de 10 muestras por zona. Se colectaron en total 240 muestras en 12 salidas, 60 de cada biotopo.

Las muestras de hojarasca midieron 64 cm^2 (8 x 8 cm) y la profundidad fue hasta donde apareciera el suelo mineral, en tanto que las muestras del suelo se tomaron con una barrena que tiene un diámetro de 8 cm y hasta una profundidad de 10 cm.

Posteriormente cada una de las muestras fue colocada en un embudo de Berlese-Tullgren, durante una semana, utilizando como fuente de calor un foco de 75 vatios. Finalmente se separaron, identificaron y cuantificaron los colémbolos colectados.

Se calculó el coeficiente de frecuencia de las poblaciones, dividiendo, para un determinado biotopo, el número de muestras en el que aparece la población evaluada, entre el número total de muestras. Los datos de distribución de las especies se compararon mediante las pruebas de G y χ^2 con el propósito de conocer si la distribución se da de

manera aleatoria (H_0) o no aleatoria (H_1). Se calculó además el índice de similitud de Simpson entre ambas comunidades, así como entre los biotopos estudiados (Sánchez y López, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSION

Se obtuvieron un total de 5,502 ejemplares en ambas zonas de trabajo, 3,710 en el bosque de *A. religiosa* y 1,792 en la parcela de cultivo. De los ejemplares del bosque, 2,561 se encontraron en la hojarasca y 1,149, en el suelo; por su parte, de los ejemplares de la parcela de cultivo, 281 se encontraron en la hojarasca y 1,511, en el suelo.

En el bosque se colectaron seis familias: Onychiridae, Entomobryidae, Isotomidae, Hypogastruridae, Neanuridae y Katiannidae, con un total de 50 especies: 7 exclusivas del suelo, 21 se localizaron únicamente en la hojarasca y 22 se obtuvieron indistintamente en ambos biotopos del bosque (Cuadro 5).

La distribución de las familias puede mostrar la capacidad que tienen para sobrevivir en un determinado medio; como resultado de la aplicación de las pruebas de G y χ^2 a la fauna de colémbolos del bosque (Sokal y Rohlf, 1979), se obtuvieron los valores de 604.398 y 610.55, respectivamente, con 5 grados de libertad (el valor en tablas de χ^2 es 16.75, P= 0.995) lo cual muestra que no hay una distribución azarosa de las diferentes familias y se puede sugerir que hay un aprovechamiento de las diferentes familias según sus afinidades ecológicas, en cada uno de los biotopos, ya que las familias hemiedáficas (Entomobryidae, Katiannidae y Hypogastruridae) presentan una mayor abundancia que si ésta se diera de manera azarosa y con la familia euedáfica (Onychiuridae) ocurre lo mismo, en el suelo mineral (Cuadro 6).

En el cultivo también se colectaron seis familias: Onychiuridae, Entomobryidae, Hypogastruridae, Brachystomellidae, Isotomidae y Katiannidae, con representantes de 19 especies, nueve exclusivas del suelo, en tanto que *Sinella* sp. 2 se encontró únicamente en la hojarasca y nueve especies se pudieron encontrar tanto en suelo como en la hojarasca. Además esta zona de estudio presentó cinco especies exclusivas: *Mesaphorura* aff. *hades*, *Ceratophysella sucinea*, *Proisotoma* sp., *Brachystomella* gr. *parvula* y *Mesaphorura clavata* (Cuadro 7).

Cuando se aplicaron las pruebas de G y χ^2 a la distribución de las familias en la parcela, se obtuvieron valores de G = 46.37 y χ^2 = 52.636, mientras que el valor de χ^2 en tablas para los mismos grados de libertad (P = 0.995) fue de 14.86 (Cuadro 7), lo cual muestra cómo la distribución de las familias no es azarosa y responde a sus afinidades ecológicas. Por ejemplo, los Onychiuridae (euedáficos), la familia más abundante en la hojarasca, está por debajo de lo esperado si su abundacia fuera azarosa.

El menor número de especies de colémbolos edáficos en la parcela de cultivo que en el bosque, muestra la influencia del conjunto de labores que se realizan para desarrollar un cultivo, sobre las comunidades de estos organismos. Desde la tala del bosque, extracción de los troncos de la zona aclarada, deshierbe, etc., hasta las labores propias del cultivo, todas estas actividades someten al suelo y a la biota que lo acompaña a una presión que produce una serie de cambios profundos: desaparición del dosel, lo cual puede hacer que las fluctuaciones de temperaturas sean más pronunciadas a nivel del suelo; aumento de la evaporación del agua debido a una mayor insolación, lo que puede destruir los microorganismos de la porción más superficial (Ortiz y Ortiz, *op. cit*); el aumento de la energía cinética de las gotas de lluvia puede llegar a inducir alteraciones en la estructura del suelo, que propician la impermeabilidad del mismo; puede haber una mayor desecación de la porción más superficial, debido a las corrientes del viento y a la insolación (Izarra y Boo, 1980). Además, la sustitución de las cubiertas vegetales produce alteraciones en la calidad y cantidad de la hojarasca depositada (Atlavinyté, 1971), lo cual puede propiciar cambios en la cantidad de materia orgánica, así como el pH y contenido de nitrógeno, fósforo, etc., del suelo (Covarrubias *et al.*, 1989).

Por otra parte, los animales aportan compuestos nitrogenados y fosforados, que son importantes para un adecuado funcionamiento de la cadena de descomposición de la materia orgánica. Este aporte suele ser más constante en el bosque que en el cultivo (Began *et al.*, 1988).

Todo lo anterior genera nuevas condiciones en los suelos de la zona de cultivo, que pueden repercutir en la fauna de colémbolos, ya que tienden a desaparecer las especies "nativas más frágiles" del bosque, como *Americanura macgregori*, *A. banksi*, *Pseudochorutes subcrassoides*, *P. texensis* y *Brachistomella* gr. *parvula*, entre otras, y son sustituidas por especies cosmopolitas y pioneras de medios alterados, como *Mesaphorura krausbaueri*, *M. vosiii* y *M. ruseki*, en el cultivo (Dunger, 1986; Bonnet *et al.* 1976).

En la zona de cultivo hay otra tendencia: se reducen las especies hemiedáficas y aumentan las especies euedáficas (Cancela da Fonseca y Poinsot-Balaguer, 1983). Esto se observa al encontrar una sola especie "exclusiva" de la hojarasca del cultivo (*Sinella* sp. 2), pdr 21 de la hojarasca del bosque. Lo anterior sugiere que la parte superior de la hojarasca del cultivo posiblemente sea poco estable en sus condiciones físicas (humedad, temperatura, etc.), lo cual propicia migraciones de los colémbolos de la hojarasca y porciones superiores del suelo hacia estratos más profundos, donde las condiciones son más estables. Esto podría explicar la mayor abundancia de colémbolos euedáficos del cultivo (Covarrubias *et al.*, *op. cit*).

Aunque la parcela de cultivo posee una menor diversidad como zona, el biotopo del suelo del cultivo tiene una mayor abundancia que su homólogo, en la zona del bosque, a pesar de que tiene casi la mitad de materia orgánica y nitrógeno que el suelo del bosque. Por su parte, el fósforo en el cultivo es más del doble del encontrado en el suelo del

bosque (en el análisis edafológico realizado en diciembre de 1988, Cuadros 1 y 2). Este aspecto cambia en mayo de 1988 (Cuadros 3 y 4), donde el fósforo del cultivo es la mitad del que hay en el bosque. El aumento de fósforo en diciembre, en el cultivo, pudo ser inducido por la fertilización. También la capacidad de intercambio catiónico es mayor en el bosque que en el cultivo, lo que puede incidir en una mayor disponibilidad de minerales, que pueden ser aprovechados por los microorganismos. Además ambos suelos son francos, a excepción de dos muestras del cultivo (en mayo de 1988, Cuadro 4), las cuales presentaron una mayor proporción de arena.

Lo anterior sugiere que la cantidad de espacio poroso, capacidad de retención de agua y pH de ambos suelos, es más o menos semejante, y el aspecto en el que más difieren es en el fósforo, que contiene en mayor abundancia el suelo del cultivo.

Otro factor que puede repercutir en esa diferencia de ejemplares encontrados, es que no se hallaron posibles depredadores y competidores, ya que no se colectaron ácaros en el suelo del cultivo.

Coeficiente de frecuencia

El coeficiente de frecuencia permite conocer la importancia que tienen las poblaciones en su hábitat. Se consideran especies fundamentales a las que presentan un valor mayor de 51 %, accesorias a las que tienen entre 26 y 51 %, y accidentales, menos de 26 % (Moraza *et al.* 1980).

Se obtuvieron los siguientes resultados en cada uno de los biotopos: en la hojarasca del bosque la única especie fundamental es *Entomobrya* ca. *triangularis*. Las especies accesorias de este biotopo son: *Lepydocirtus* ca. *lanuginosus*, *Mesaphorura krausbaueri* y *Desoria* ca. *notailis*. El resto de las especies son accidentales.

Entomobrya triangularis es la única especie fundamental en el suelo del bosque, mientras que *Mesaphorura ruseki* y *M.krausbaueri* son accesorias y las restantes son accidentales.

En tanto, en la hojarasca de cultivo *Mesaphorura knowltoni* es la única especie accesoria y las demás son accidentales, mientras que en el suelo del cultivo hay dos especies accesorias: *Mesaphorura knowltoni* y *Ceratophysella denticulata* y el resto son accidentales.

De los datos obtenidos se puede inferir la constancia en la entrada de energía a los biotopos, ya que cuando el ingreso es constante, hay una tendencia a que se diversifiquen los organismos de un ecosistema (Bonnet *et al.*, 1977), lo cual se manifiesta en la hojarasca del bosque, ya que es el biotopo que soporta la mayor riqueza de especies, en tanto que la hojarasca del cultivo es el hábitat que menos especies sostuvo a través del tiempo del estudio.

Por otro lado, una misma especie (*Entomobrya* ca. *triangularis*) puede ser fundamental, accesoria o accidental en diferentes biotopos o no existir en alguno de ellos. Esto plantea que un determinado biotopo presenta condiciones adecuadas para su desarrollo, en tanto que en otro las condiciones existentes son subóptimas para la citada especie, y en un tercero, el entorno es adverso para su establecimiento.

Similitud faunística

Los valores del índice de similitud de Simpson, entre las comunidades estudiadas, fueron: entre la zona de bosque y la zona de cultivo, 42.0 %, mientras que entre la hojarasca y el suelo del bosque fue de 77.0 % y entre la hojarasca y el suelo del cultivo fue de 90.0 %.

Los resultados muestran que hay mayor semejanza entre las comunidades de los biotopos del cutivo, posiblemente debido a la alteración original de la zona para el establecimiento de la parcela y las perturbaciones periódicas inducidas al suelo por las labores propias del cultivo, las cuales lo homogenizan e impiden su estratificación, además de hacer poco constante el aporte de energía al suelo. Estos factores pueden, en parte, no permitir una diversificación de las comunidades de colémbolos en la zona. Otro aspecto es lo reducido del biotopo de la hojarasca en el cultivo.

Además, las alteraciones en el sistema de cultivo implican la aparición de nuevas condiciones, que pueden permitir la extinción de especies habitantes del bosque y propiciar el desarrollo de otras, que son pioneras y cosmopolitas (Dunger, *op. cit.*; Hermosilla y Rubio, 1976). Esto puede incidir de alguna manera en la baja probabilidad de encontrar especies comunes al bosque y al cultivo.

Por otro lado, en el bosque puede haber una mayor "estratificación" del sistema suelo, por una constancia en la entrada de energía y una mayor diversidad de materiales que caen, lo cual posibilita una mayor estabilidad del sistema y esto a su vez permite una más amplia variedad de poblaciones. Además las alteraciones en la zona no son tan frecuentes como en la parcela.

Se hicieron pruebas de G y χ^2, fusionando diferentes parámetros como: lugar biotopo y mes, para evaluar si era factible considerar a los colémbolos habitantes de ambas zonas de trabajo como un sola comunidad; se obtuvieron los siguientes resultados: $G = 103.61$ y $\chi^2 = 188.5$, con 11 grados de libertad, mientras que la χ^2 en tablas fue de 24.725 con los mismos grados de libertad y $P = 0.995$. Estos resultados muestran que las poblaciones de cada zona conforman comunidades diferentes, lo cual sugiere que el establecimiento del cultivo en el bosque crea condiciones diferentes de las del bosque, para los colémbolos.

Abundancia total

Se organizaron los valores de abundancia de las diferentes poblaciones de colémbolos colectados, de acuerdo con el sistema de clases de abundancia de Cassagnau (1961), modificado por Bonnet *et al.* (1977), el cual consiste en siete clases:

Clase	Individuos
0	0
I	1-5
II	6-10
III	11-20
IV	21-50
V	51-100
VI	101-500
VII	500-1000 ó más

Este sistema está basado en la tendencia que tienen los microartrópodos del suelo para formar poblaciones agregadas o contagiosas (Christiansen, 1969; Butcher *et al., op. cit.*), lo cual puede ser debido a la disposición de recursos en los suelos, que también se da en mosaico y los colémbolos se encuentran donde confluyen los elementos necesarios para su desarrollo. Las poblaciones se ubican en las diferentes clases, según el número de ejemplares obtenidos a lo largo del tiempo de estudio.

En la hojarasca del bosque las especies más abundantes son *Entomobrya* ca. *triagularis,* con una abundancia de clase VII; *Mesaphorura krausbaueri, M.macrochaeta, Isotoma* ca. *notabilis* y *Lepidocytrus* ca. *lanuginosus* tienen una abundancia de clase VI. El resto de las especies quedan incluidas por debajo de la clase V.

En el suelo del bosque, las especies con mayor abundancia son: *Entomobrya* ca. *triangularis, Mesaphorura ruseki, M. macrochaeta* y *M.drausbaueri*, las cuales pertenecen a la clase de abundancia VI, y *Desoria notabilis,* que se ubica en la clase V; el resto están de la clase IV hacia las de menor abundancia.

En la hojarasca del cultivo, la especie más abundante fue *Mesaphorura knowltoni*, la cual se encuentra en la clase VI; las restantes poblaciones quedan en la clase IV o menos.

Finalmente en el suelo del cultivo, *Mesaphorura knowltoni* fue la especie más abundante, por lo que se ubica en la clase de abundancia VII; *M.ruseki* pertenece a la clase V y las restantes de la clase V e inferiores.

Por otro lado, en las pruebas de G y χ^2 para evaluar si la distribución de las poblaciones de colémbolos en el bosque se da de manera azarosa (Ho) o no (H_1), durante el ciclo analizado, se obtuvieron valores de G = 63.74 con 11 grados de libertad, mientras que el valor de χ^2 en tablas (.995) = 26.757 con los mismos grados de libertad (Cuadro 8). De lo anterior se infiere que la distribución de los colémbolos en esta zona no es al azar a través del tiempo de estudio, y está influida por el medio en el que se desarrollan. Se encontró que los valores parciales más altos de χ^2 ocurren en el período de sequía (diciembre-marzo); son negativos para la hojarasca y positivos para el suelo, lo cual puede

mostrar la cantidad de humedad y demás condiciones necesarias para la supervivencia de estos organismos en cada biotopo. Así en la época de sequía, la hojarasca posiblemente sea un medio adverso, de ahí que se encuentren menos organismos que los esperados, si su distribución fuera al azar, mientras que en el suelo tal vez contiene más humedad y posibilita mejores condiciones para superar esta época adversa, por lo que hay más colémbolos que los esperados.

Durante la época de lluvias (junio de 1987), la situación se invirtió, ya que en la hojarasca se encontraron más organismos que los esperados y en el suelo menos, lo cual sugiere que la hojarasca retiene el agua de las precipitaciones y retarda su paso al suelo. Dado que las poblaciones de colémbolos crecen rápidamente, una vez que se presentan condiciones adecuadas manifiestan su presencia en el biotopo (Palacios-Vargas, 1983).

En las pruebas de G y χ^2 para conocer si la distribución de los colémbolos de la parcela de cultivo se da de manera aleatoria durante el tiempo estudiado, la G obtenida para ambos biotopos fue de 172.24 con 11 grados de libertad, mientras que el valor de χ^2 en tablas, para los mismos grados de libertad y P = 0.995, fue de 26.757 (Cuadro 9). De lo anterior se infiere que la distribución de estos organismos depende de las condiciones imperantes en los biotopos, y de éstos, en la hojarasca es donde se dan las fluctuaciones más marcadas, ya que en un mes (junio de 1987), se encontraron menos de los esperados. Así se notó que cambian las tendencias rápidamente. Estas fluctuaciones sugieren un medio inestable, ya que las labores propias del cultivo afectan al suelo. Además se observó que en la época de sequía (diciembre-marzo), hubo menos ejemplares que los esperados, lo cual sugiere que la carencia de dosel, escasez de hojarasca, incidencia directa de los rayos solares, corrientes de viento, entre otros factores, afectaron una buena retención de agua y propiciaron una posible migración de colémbolos hacia zonas más profundas del suelo.

Por otro lado, la distribución de los colémbolos en el suelo del cultivo presentó menos variaciones a lo largo del año, lo cual sugiere que este medio puede presentar mejores condiciones para la supervivencia de las poblaciones de estos organismos, ya que durante la temporada de sequía hubo más colémbolos ahí que en la hojarasca. Se repite el patrón en el bosque, lo cual plantea que el suelo mineral es un buen medio para que los colémbolos resistan el período de sequía.

De lo anterior se puede inferir que un factor que influye en la permanencia de las poblaciones de colémbolos es la humedad. Cuando ésta se reduce significativamente las poblaciones desaparecen o se restringen fuertemente, y los biotopos que presentan las mejores condiciones para resistir esta época desfavorable, son los suelos minerales de ambas zonas de estudio.

BIBLIOGRAFIA

ATLAVINYTE, O. 1971. The activity of Lumbricidae, Acarina and Collembola in the straw humification process. Pedobiología, Bd. 11. S. 104-115.

BEGAN, M., HARPER, E. y C. TOWSEND. 1988. Ecology individuals, populations, and communities. Ed. Ciencias. México 876 p.

BLACKITH, R.E. 1974. The Ecology of Collembola in Irish Blanket bogs. Irish Academy: Irish contribution to International Biological Programme 74(1): 203-226.

BONNET, L., P. CASSAGNAU y L. DEHARVENG. 1976. Un exemple de rupture de l'equilibre biocénotique par debolisement: Les peuplements de Collemboles edaphiques du Piau d'Engaly (Hautes-Pyréaées). Rev. Ecol. Biol. Sol., 13(2): 337-351.

BONNET, L., CASSAGNAU y L. DEHARVENG. 1977. Influence du déboisement sur les biocenoses de collemboles dans quelques sols pyrénées. Bull. Ecol., 8 (3): 321-332.

BUTCHER, J., R. SNIDER y R. SNIDER. 1971. Bioecology of edaphic collembola and acarina. Departament of Entomology, Michigan State University. East Lansing, Michigan: 249-288.

CANCELA DE FONSECA, J.P. 1980. Le concept de diversité, le chevauchement des niches écologiques et l'organisation des systémes écologiques. Acta Oecológica. Oecol. General. I (3): 293-305.

CANCELA DA FONSECA, J.P. y N. POINSOT-BALAGUER. 1983. Les régimes alimentaires des microarthropodes du sol en relation avec la décompositin de la matiére organique. Bull Société Zoologique de France, 108 (3): 371.

CASSAGNAU, P. 1961. Ecologie du sol dans les Pyrénées centrales. Les biocénoses de Collemboles. Actualité scientifiques et industrielles. Hermann Ed. Paris. 235 p.

CHRISTIANSEN, K. 1969. Experimental studies on the agregation and dispersion of Collembola. Pedobiología, Bd. 10. 189-198.

COVARRUBIAS, R. 1989. Datos sobre fauna de microartópdos, en un ciclo anual de diferentes sustratos de un bosque de Nothofagus pumilio. Acta Ent. Chilena, 15: 131-142.

COVARRUBIAS, R., C. CONTRERAS y I. MELLADO. 1989. Dinámica de los gremios de microartrópodos bajo Laretia acaulis. Acta Ent. Chilena, 15: 211-224.

DUNGER, W. 1986. Observations on the ecological behaviour of some species of the *Tullbergia krausbaueri* group. 2nd. International Seminar on Apterygota: 111-115.

GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. UNAM. Instituto de Geografía. México. 246 p.

HERMOSILLA, W. y L. RUBIO. 1976. Structure des populations de Collemboles Poduromorphes dans une colline de la Cordillére de la Côte Chilienne. Rev. Ecol. Biol. Sol. 13 (3): 477-89.

IZARRA, D.C. y R. BOO. 1980. Los efectos de una reforestación con plantas introducidas sobre los microartrópodos del suelo. Ecología Argentina, 5: 59-70.

MORAZA, M.L., L. HERRERA y C. PEREZ-IÑIGO. 1980. Estudio faunístico del maciso de Quinto Real I. Acaros oribátidos (Acari, Oribatei). Ed. Universidad de Navarra. Pamplona. 1-24.

ODUM, E.P. 1972. Ecología. Ed. Interamericana. México. 639 p.

ORTIZ V. y A. ORTIZ, 1980. Edafología. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, 311 p.

ORTIZ-SOLORIO, C,A. y H.E. CUANALO DE LA C. 1977. Levantamiento fisiográfico del área de influencia de Chapingo. Colegio de Postgraduados. Chapingo. 83 p.

PALACIOS-VARGAS, J.C. 1983. Catálogo de los colémbolos mexicanos. An. Esc. nac. Cienc. biol., Méx. 27: 61-76.

RAPOPORT, E.H. 1959. Algunos aspectos de la Biología del suelo. Universidad Nacional del Sur. Extensión Cultural. Bahía Blanca 23 p.

SANCHEZ, O. y P. LOPEZ. 1988. A theoretical analysis of some indices of similarity as applied to biogeography. Fol. Ent. Mex. No. 75: 119-145.

SOKAL, R. y J. ROHLF. 1979. Biometría: principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. Ed. Blume. Madrid. 837 p.

CUADRO 1. Análisis fisicoquímico del suelo del bosque de A. religiosa (Efectuado el 6 de diciembre de 1987).

MUESTRA	pH (H2O)*	MO %	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Nt %	CIC meq/100g
1	6.4	4.9	1.7	442	2605	255	0.30	29.9
2	6.8	8.7	4.0	517	3527	426	0.27	35.6
3	6.5	5.1	1.1	308	2565	377	0.31	33.2
4	6.7	6.8	0.5	375	3166	243	0.35	35.5
5	6.6	6.6	2.8	405	2806	243	0.37	32.5
	$\bar{x}$ = 6.4							

MUESTRA %	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASIFICACION TEXTURAL
1	44.6	38.0	17.4	Franco
2	41.8	42.8	15.4	Franco
3	37.8	44.8	17.4	Franco
4	43.8	42.8	13.4	Franco
5	39.8	44.8	15.4	Franco

* relación suelo-agua 1:2
CLIMA C (w 1) (w) b (1')
ALTITUD: 2 840 msnm.

CUADRO 2. Análisis fisicoquímico del suelo de la parcela de cultivo de Vicia Faba. (Efectuado el 6 de diciembre de 1987).

MUESTRA	pH (H2O)*	MO %	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Nt %	CIC meq/100g
1	6.2	2.7	7.5	368	1583	243	0.18	22.5
2	6.3	3.6	10.5	442	1463	219	0.17	20.6
3	6.4	3.5	4.6	450	1523	316	0.18	20.8
4	6.4	2.8	4.0	353	1423	231	0.17	20.6
5	6.4	3.5	4.6	360	1483	426	0.18	21.6
	$\bar{x}$ =	3.2						

MUESTRA	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASIFICACION TEXTURAL
1	42.9	33.7	23.4	Franco
2	40.6	38.0	21.4	Franco
3	44.6	34.0	21.4	Franco
4	44.6	36.0	19.4	Franco
5	42.6	38.0	19.4	Franco

*Relación suelo-agua 1:2
CLIMA: C (W 1) (W) b (i`)
ALTITUD: 2 810 msnm

CUADRO 3. Análisis fisicoquímico del suelo del bosque de *A. religiosa* (Efectuado el 15 de mayo de 1988)

MUESTRA	pH (H2O)*	MO %	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Nt %	CIC meq/100g
1	6.6	6.3	8.8	351	2766	268	0.20	21.3
2	6.7	9.5	4.4	577	3868	304	0.21	29.8
3	6.4	9.2	* *	381	3246	316	0.32	26.2
4	6.6	8.4	4.4	404	3327	255	0.28	26.0
5	6.4	6.6	2.9	329	2565	280	0.20	21.4
		$\bar{x}$ = 8.0						

** No detectado por el método empleado.

MUESTRA	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASIFICACION TEXTURAL
1	51	37.7	11.2	Franco
2	50	39.7	10.2	Franco
3	49	39.0	12.0	Franco
4	48	38.2	13.7	Franco
5	43.5	41.0	15.5	Franco

* relación suelo-agua 1:2
CLIMA: C (w 1) (w) b (i`)
ALTITUD: 2 840 msnm.

CUADRO 4. Análisis fisicoquímico del suelo de la parcela de cultivo de *Vicia faba*. (Realizado el 15 de mayo de 1988).

MUESTRA	pH (H2O)*	MO %	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Nt %	CIC meq/100g
1	6.2	3.2	2.9	464	1623	158	0.16	14.5
2	6.1	3.5	5.8	419	1643	219	0.17	15.3
3	6.2	3.2	4.4	441	1703	207	0.17	15.5
4	6.2	3.7	2.9	479	1723	195	0.19	15.9
5	6.2	4.4	4.4	449	1583	182	0.15	14.7
		$\bar{x}$ = 3.6						

MUESTRA	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	CLASIFICACION TEXTURAL
1	53	40	7	Franco arenoso
2	50	43	7	Franco
3	51	41	8	Franco
4	49	42	9	Franco
5	56	36	8	Franco-arenoso

* relación suelo-agua 1:2
CLIMA: C (w 1) (w) b (1`)
ALTITUD: 2 810 msnm

CUADRO 5. Lista de colémbolos encontrados en bosque y cultivo

ESPECIE	BOSQUE HOJARASCA/	SUELO	CULTIVO HOJARASCA/	SUELO
ONYCHIURIDAE				
Mesaphorura knowltoni		X	X	X
M. macrochaeta	X	X	X	X
M.ca. pacífica		X		
M.krauspbaueri	X	X	X	X
M.yosiii	X	X		X
M.ruseki	X	X	X	X
M.clavata			X	X
M.cf.hades				X
ENTOMOBRYIDAE				
Entomobrya sp. 1	X			
E.ca. triangularis	X	X	X	X
Sinella sp. 1	X	X		
Sinella sp. 2	X	X	X	
S.ca. tecta	X	X		
Pseudosinella ca. aera	X	X		
P.ca.dlba				
Lepidocyrtus ca.lanuginosus	X	X		
ISOTOMIDAE				
Cryptopygus benhami		X		
Desoria ca. notabilis	X	X		
D.marissa	X	X		
D.multisetis	X	X		
D.tariva	X	X		
D.nivalis	X			
D.trispinata	X	X		X
Isotoma sp. I	X		X	X
I.sensibilis	X			
Isotomiella minor		X		
Folsomia elongata		X		
F.sensibilis	X			X
Proisotoma sp.				X
HYPOGASTRURIDAE				
Ceratophysella denticulata	X	X		X
C. succinea				X
Schoetella distincta	X	X		X
Xenylla acauda	X			X
X. humicola	X	X		

Continúa Cuadro 5

NEANURIDAE						
Americanura macgregori	X	X				
A. banksi	X	X				
Pseudachorutes subcrassoides	X	X				
P.texensis	X					
Friesea ca. denthacantha	X					
F.ca. quinta	X					X
Brachystomella gr. parvula						X
KATIANNIDAE						
Arrhopalites ca. bellingeri	X					
A.diversus	X					
A. cf. dubias	X					
Neosminthurus clavatus	X					
Sminthurides sp. 1	X				X	
S. ocultus	X				X	X
S.hyogramma	X					
Sminthurinus conchyliatus	X					
Sminthurus butcheri	X					
Sphyroteca mucroserrata	X					X
Sphaerridia serratus	X					

CUADRO 6. Prueba de G para las familias de colémbolos encontradas en el bosque de A. religiosa

BIOTOPO		FAMILIAS						
		A	B	C	D	E	F	TOTAL
HOJARASCA	*	1 448	441	430	103	73	66	2 561
	+	1 219	408	738	73	60	60	
SUELO	*	319	151	640	4	14	21	1 149
	+	547	183	331	33	26	26	
		1 767	592	1 070	107	87	87	3 710

A = Entomobryidae
B = Isotomidae
C = Onychiuridae
D = Katiannidae
E = Neanuridae
F = Hypogastruridae

* Colémbolos encontrados (No. de individuos pertenecientes a las familias señaladas).
+ Colémbolos esperados

$G_{ }$ = 604.398 con 5 grados de libertad
χ^2 = 610.55 con 5 grados de libertad
χ^2 en tablas (.995), con 5 grados de libertad = 16.750

BOSQUE DE A. religiosa

	HOJARASCA	SUELO
ENTOMOBRYIDAE	42.712 (+)	95.193 (-)
ISOTOMIDAE	7.560 (+)	5.704 (-)
NYCHIURIDAE	128.945 (-)	287.423 (*)
KATIANNIDAE	11.496 (+)	25.612 (-)
NEANURIDAE	2.792 (+)	6.215 (-)
HYPOGASTRURIDAE	0.589 (+)	1.309 (-)
	189.094	421.456

Valores (+).- El número de colémbolos encontrados fue mayor que el de los esperados.
Valores (-).- El núemro de colémbolos encontrados fue menor que el de los esperados.

CUADRO 7. Prueba de G para las familias de colémbolos encontrados en el cultivo de haba.

BIOTOPO		FAMILIAS					
		A	B	C	D	E	TOTAL
HOJARASCA	*	209	27	17	16	12	281
	+	243	18	7	6	5	
SUELO	*	1 345	88	29	24	25	1 511
	+	1 310	96	38	33	31	
		1 554	115	46	40	37	1 792

A = Onychiuridae
B = Hypogastruridae
C = Katiannidae
D = Entomobryidae
E = Isotomidae

* Colémbolos encontrados (No. de individuos pertenecientes a las familias señaladas).
\+ Colémbolos esperados

G = 46.37 con 4 grados de libertad
χ^2 = 52.636 con 4 grados de libertad
χ^2 = en tablas (.995), con 4 grados de libertad = 14.860

CULTIVO DE HABA (*Vicia faba*)

	HOJARASCA	SUELO
ONYCHIURIDAE	4.932 (-)	0.917 (+)
HYPOGASTRURIDAE	4.462 (+)	0.829 (-)
KATIANNIDAE	13.279 (+)	2.469 (-)
ENTOMOBRYIDAE	15.088 (+)	2.805 (-)
ISOTOMIDAE	6.624 (+)	1.231 (-)
	44.385	8.251

Valores (+).- El número de colémbolos encontrado fue mayor que el de los esperados.
Valores (-).- El número de colémbolos encontrados fue menor que el de los esperados.

CUADRO 8. Prueba de G para los biotopos del bosque de A.religiosa

		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
				1	9	8	7							
Hojarasca	*	566	278	244	155	253	168	95	1	17	179	260	345	2561
	+	445	237	192	168	216	214	215	24	69	169	295	311	
Suelo	*	80	66	35	89	61	143	217	35	83	66	168	106	1149
	+	200	106	86	75	97	96	96	11	30	75	132	139	
		646	344	279	244	314	311	312	36	100	245	428	451	3710

* Colémbolos obtenidos.
\+ Colémbolos esperados
G = 663. 74 con 11 grados de libertad.
χ^2 = 26.757 con 11 grados de libertad (.995) (en tablas).

BOSQUE DE A.religiosa

MES	HOJARASCA	SUELO
JUNIO	32.329 (+)	72.05 (-)
JULIO	6.921 (+)	15.419 (-)
AGOSTO	13.723 (+)	30.578 (-)
SEPTIEMBRE	1.07 (-)	2.39 (+)
OCTUBRE	6.062 (+)	13.506 (-)
NOVIEMBRE	10.15 (-)	22.634 (+)
DICIEMBRE	67.274 (-)	149.982 (+)
ENERO	22.89 (-)	51.104 (+)
MARZO	39.207 (-)	87.411 (+)
ABRIL	0.577 (+)	1.283 (-)
MAYO	4.251 (-)	9.48 (+)
JUNIO	3.643 (+)	8.116 (-)
	208.097	463.953

χ^2 = 672.05

Valores (+).- El número de colémbolos encontrados fue mayor que el de los esperados.
Valores (-).- El número de colémbolos encontrados fue menor que el de los esperados.

RESIDUOS ESTANDARIZADOS

	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	MAR	ABR	MAY	JUN
HOJA-RASCA	5.6	2.6	3.7	-1.0	2.4	-3.8	-8.1	-4.7	-6.2	.76	-2.0	1.9
SUELO	-8.4	-3.9	-5.5	1.5	-3.6	4.7	12.2	7.0	9.0	-1.1	3.0	-2.8

Valores (+).- El número de colémbolos encontrados fue mayor que el esperado.
Valores (-).- El número de colémbolos encontrados fue menor que el esperado.

CUADRO 9. Prueba de G para los colémbolos del cultivo de haba (Vicia faba).

		1987												
		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
HOJARASCA*		133	16	17	47	42	11	0	0	0	2	2	11	281
	+	89	46	19	28	17	27	2	0	17	12	9	9	
SUELO*		437	283	109	136	69	167	14	0	111	79	59	47	1 511
	+	480	252	106	154	93	150	11	0	93	68	51	48	
		570	299	126	183	111	178	14	0	111	81	61	58	1 792

* Colémbolos obtendios
\+ Colémbolos esperados

G = 172.24 con 11 grados de libertad.

χ^2 = 26.757 con 11 grados de libertad (.995) (en tablas).

CULTIVO DE HABA (Vicia faba)

MES	HOJARASCA	SUELO
JUNIO	21.287 (+)	3.958 (-)
JULIO	20.345 (-)	3.783 (+)
AGOSTO	0.384 (-)	0.071 (+)
SEPTIEMBRE	11.677 (+)	2.171 (-)
OCTUBRE	34.755 (+)	6.461 (-)
NOVIEMBRE	10.246 (-)	1.905 (+)
DICIEMBRE	2.195 (-)	0.408 (+)
ENERO	0.0	0.0
MARZO	17.405 (-)	3.237 (+)
ABRIL	9.015 (-)	1.676 (+)
MAYO	5.983 (-)	1.112 (+)
JUNIO	0.399 (-)	0.074 (-)
	133.691	24.857

χ^2 = 158.548

Valores (+).- El número de colémbolos encontrados fue mayor que el de los esperados.
Valores (-).- El número de colémbolos encontrados fue menor que el de los esperados.

RESIDUOS ESTANDARIZADOS

	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	MAR	ABR	MAY	JUN
HOJA RASCA	-4.4	-4.5	-0.6	3.3	5.8	-3.1	-1.2	-0.8	-4.1	-2.9	-2.3	0.6
SUELO	-1.9	-1.9	0.2	-1.4	-2.5	1.3	0.5	-0.3	1.7	1.2	1.0	-0.3

Valores (+).- El número de colémbolos encontrados fue mayor que el esperado.
Valores (-).- El número de colémbolos encontrados fue menor que el esperado.